

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-14177

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 1 月 16 日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 0 4 C 25/02  
23/00

識別記号

M  
F

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-144836

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 6 月 27 日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 池本 義寛

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 丸山 照雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外 2 名)

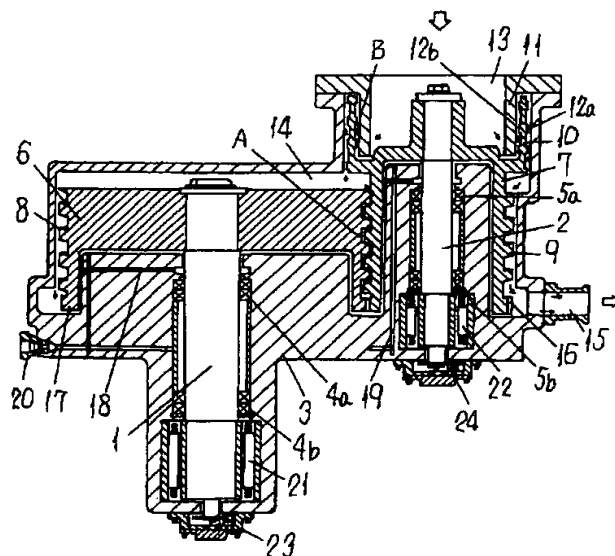
(54) 【発明の名称】 真空ポンプ

(57) 【要約】

【目的】 排気速度を同一に保ったままで、高真空ポンプの性能アップを図ることを目的とする。

【構成】 外径の異なる2つのスクリーウ6、7を組み合わせ、径の小さいスクリーウ7の軸2上に高真空ポンプを設けることにより、高真空ポンプの性能の向上と制御安定性の向上を図る。

1、2...回転軸  
3...ハウジング  
6、7...ロータ



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハウジング内に収容された外径の異なる複数個のロータおよびそれぞれのロータと一体化した回転軸と、これらの回転軸をそれぞれ独立して回転駆動するモータと、前記モータの回転角および/または回転数を検知する回転検出手段と、前記ハウジングに形成された流体の吸入口および吐出口と、前記ハウジングおよび前記複数個のロータで流体輸送空間を形成すると共に、前記複数の回転軸のうち、径小のロータが設けられた回転軸を高周波モータによって駆動される主導軸となし、他の回転軸をACサーボモータ、あるいはパルスモータによって駆動される従動軸となし、前記回転検出手段の情報をもとに、前記従動軸の回転駆動手段を制御することにより、前記従動軸の回転を前記主動軸の回転に同期させることを特徴とする真空ポンプ。

【請求項2】 径小のロータの同軸上に、高真空排気用の真空ポンプの構造部分が設けられていることを特徴とする請求項1記載の真空ポンプ。

【請求項3】 ロータが外周部にスクリューあるいはねじ溝を備えたものであることを特徴とする請求項1記載の真空ポンプ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体の製造設備等に用いられる真空ポンプに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセスにおけるCVD装置、ドライエッチング装置、スパッタリング装置、蒸着装置等には、真空環境を作り出すための真空ポンプが必要不可欠である。近年、半導体プロセスのクリーン化・高真空化等の動向に伴い、真空ポンプに対する要求水準はますます高度になってきている。

【0003】高真空を作り出すために、半導体設備では通常粗引きポンプ（容積型真空ポンプ）と高真空ポンプ（ターボ分子ポンプ）の組み合わせからなる真空排気システムを構成している。粗引きポンプで大気からある程度の真空圧に到達後、高真空ポンプに切り換えて、所定の高真空を得るのである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら前述した真空ポンプおよびこれらの真空ポンプを組み合わせた真空排気システムには以下述べるような課題があった。

【0005】従来の粗引きポンプ（容積式真空ポンプ）では、大気圧に近い粘性流の領域で排気するが、得られる作動範囲は $10^{-1}$  Pa程度までの低真空度にしか達しない。一方、上述した従来の高真空ポンプ（運動量移送式ターボ分子ポンプ）の構成では、得られる動作範囲が $10^{-1}$  Pa程度まで達するが、大気圧に近い粘性流の領域で排気することができない。そこで、従来はまず粗引きポンプ（例えば前述したスクリューポンプ）で $10^0$

～ $10^{-1}$  Pa程度まで真空引きした後に高真空ポンプに切り換えて、所定の高真空に達するようにしている。

【0006】しかし、近年の半導体プロセスの複合化に伴い、複数個の真空チャンバーを独立させて真空排気する、いわゆるマルチチャンバー方式が半導体加工設備の主流を占めるようになってきている。このマルチチャンバー化に対応するためには、チャンバー1つ1つに粗引きポンプと高真空ポンプの組み合わせからなる真空排気システムを必要とするが、このような真空排気システムをすべてのチャンバーに対して構成すると、真空排気系装置全体が大型化・複雑化してしまうという問題点があった。

【0007】上記課題に応えるために、本発明者の一人は複数個のロータの組み合わせからなる容積式真空ポンプにおいて、上記複数個のロータの各軸を独立したモータで駆動するとともに、1つのロータの同軸上に運動量移送式真空ポンプを形成した複合ポンプ構造として、かつ各ロータを非接触同期運転することを特徴とする広域用真空ポンプを既に提案している。

【0008】また、前記容積式真空ポンプを異径ロータの組み合わせで構成し、最も径小のロータの同軸上に前記運動量移送式真空ポンプを形成することを特徴とする真空ポンプも提案している。

【0009】これらの提案により、1台で大気から超高真空（ $10^{-8}$  torr以下）まで引けるとともに、クリーンでかつコンパクトな真空ポンプを提供することができ

る。

【0010】本発明は、既出願の真空ポンプの一層のコンパクト化、同期制御の安定性向上、高速化による真空到達圧の向上等を図る方法を提案するものである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の真空ポンプは、ハウジング内に収容された外径の異なる複数個のロータおよびそれぞれのロータと一体化した回転軸と、これらの回転軸をそれぞれ独立して回転駆動するモータと、前記モータの回転角および/または回転数を検知する回転検出手段と、前記ハウジングに形成された流体の吸入口および吐出口と、前記ハウジングおよび前記複数個のロータで流体輸送空間を形成すると共に、前記複数の回転軸のうち、径小のロータが設けられた回転軸を高周波モータによって駆動される主動軸となし、他の回転軸をACサーボモータあるいはパルスモータによって駆動される従動軸となし、前記回転検出手段の情報をもとに、前記従動軸の回転駆動手段を制御することにより、前記従動軸の回転を前記主動軸の回転に同期させることを特徴とするものである。

## 【0012】

【作用】本発明の対象とする真空ポンプは、外径の異なる複数のロータの組み合わせから容積式ポンプが構成されており、またタイミングギヤのような機械的な接触に

よる伝達手段を用いなく、それぞれのロータが同期回転するように構成されている。

【0013】径小ロータは高周波モータによって駆動される。また、他の径大ロータは前記径小ロータと非接触同期回転を保つように、両ロータに設けられたエンコーダからの検出信号をもとにACサーボモータによって駆動される。

【0014】すなわち、本真空ポンプは高周波モータ（径小ロータ）をマスターとし、ACサーボモータ（径大ロータ）をスレーブとするマスタースレーブ方式による同期制御により、各ロータが駆動される。

【0015】本発明をスクリュウ型の容積式ポンプに適用した場合、各ロータ回転数はロータ径に逆比例する。たとえば、径大ロータの径をDとし回転数を2万rpmで駆動すれば、D/2の径の径小ロータは4万rpmで駆動せねばならない。

【0016】本発明では、径小ロータの回転には高周波モータを用いる。高周波モータは回転部が通常リスカゴの形をした銅棒をケイ素鋼板を積層して覆った構造であり、回転遠心力に対して強い構造になっており高速回転に向いている。しかし高周波モータは非同期モータであり微妙な角度制御には、ベクトル制御等の複雑な制御が必要であり得意としていない。径大ロータの回転にはACサーボモータを用いる。ACサーボモータは、通常回転部が回転軸に永久磁石を貼り合わせた構造であり、回転遠心力に対して永久磁石外周部を薄肉円環のステンレスやセラミックス、もしくはテープ状のガラスファイバー、カーボンファイバー等の繊維材で覆い補強せねばならず、この補強対策も高速回転や磁石径が大きくなると回転遠心力に負けてしまうために高速回転は不得手である。しかしACサーボモータは、モータサイズの割には発生トルクが強いことや、慣性モーメントが小さいこと、同期モータであることから、高精度な角度制御、速度制御が得意である。

【0017】この2つの種類のモータの組み合わせによるマスター・スレーブ制御により、お互いのモータの長所を生かしつつ欠点を補うことができる。

【0018】本発明を粗引きポンプとして用いれば、排気量を同等のままで、2つのロータの一方を外径を小さくできるため、ポンプ本体の小型化が図れる。

【0019】また、マスターである径小ロータの同軸上にねじ溝あるいはタービン翼等で形成される高真空ポンプを設ければ、回転数の上昇が図れるため、高真空ポンプの大幅な基本性能（真空到達圧、排気速度）の向上を図ることができる。

【0020】

【実施例】図1、図2は、この発明にかかる流体回転装置の一実施例としての広帯域用真空ポンプを示す。第1回転軸1、第2回転軸2はハウジング3内に収納された軸受4a、4b、5a、5bによって支持されている。

第1回転軸1には大径筒形ロータ6が、また第2回転軸2には小径筒形ロータ7が嵌合されている。各ロータ6、7の外周面には互いに噛み合うようにしてねじ溝8、9が形成されている。これら両スクリュウの互いに噛み合う部分は、容積型真空ポンプ構造部分Aとなっている。すなわち、両ねじ溝8、9の噛み合い部分の凹部（溝）と凸部およびハウジング3の間に形成された密閉空間が、両回転軸1、2の回転に伴い周期的に容積変化を起こし、この容積変化により吸入・排気作用を発揮するようになっているのである。実施例における大径筒形ロータ6の外径寸法をD、回転数を $\omega$ とすれば、小径筒形ロータ7は外径寸法はD/2、回転数は2 $\omega$ である。

【0021】実施例のポンプの排気量は、2つの同径寸法のロータの組み合わせからなるスクリュウと同じである。なぜなら、小径ロータ7は大径ロータ6が1回転する間に2回転するからである。ちなみに1つのロータの閉じ込み容積は、外径寸法に比例する。

【0022】第2回転軸2の上部には筒形ロータ7と一体でやはりスリーブ形状の上部ロータ10が設けられている。この上部ロータ10はハウジング3と固定スリーブ11によって形成される間隙の間に、せまい隙間を介して回転可能に収納されている。また、上部ロータ10の内周面と外周面にはねじ溝12a、12bが形成されている。上部ロータ10、ねじ溝12a、12b、固定スリーブ11により、運動量移送式の真空ポンプ構造部分Bを構成している。ロータ10は、容積式真空ポンプ構造部分Aの大径筒形ロータ6の回転数に対して、2倍のスピードで回転する。このねじ溝12a、12bの分子ドラッグ作用により、吸気孔13から流入した気体を容積型ねじ溝ポンプが収納されている空間14へ排気する。さらに、容積型ねじ溝ポンプに流入した気体は排気孔15から排出される。

【0023】ロータ6、7の各下端外周面には、図3に示すようなねじ溝同士の接触防止用ギヤ16、17が設けられている。接触防止ギヤ16、17には多少の金属間接触にも耐えられるように、固体潤滑膜が形成されている。これら両接触防止ギヤ16、17の互いの噛み合い部分の隙間（バックラッシュ） $\delta_2$ は、両ロータ6、7の各外周面に形成されたスクリュウの互いの噛み合い部分の隙間（バックラッシュ） $\delta_1$ （図示せず）よりも小さくなるように設計されている。そのため、両接触防止ギヤ16、17は、両回転軸1、2の同期回転が円滑に行われているときは互いが接触することはないが、万一、この同期がずれたときは、ねじ溝8、9同士の接触に先立って互いに接触することにより、ねじ溝8、9の接触衝突を防止する働きをする。このとき、バックラッシュ $\delta_1$ 、 $\delta_2$ が微小であると、実用的なレベルで部材の加工精度が得られないという点が懸念される。しかし、ポンプの一行程中の流体の漏れ総量は、ポンプの一行程に要する時間に比例するので、回転軸1、2が高速回転

であれば、ねじ溝8、9間のバックラッシュ $\delta_1$ を少々大きくしても十分に真空ポンプの性能（到達真空度など）を維持できる。そのため、回転軸を高速で回転できる本発明の真空ポンプでは、通常の加工精度で、ねじ溝8、9間の衝突防止に必要な寸法のバックラッシュ $\delta_1$ 、 $\delta_2$ を十分に確保できる。

【0024】なお、本実施例では軸受部に玉軸受を用い、かつその潤滑のためにグリースを用いている。また、通常半導体工場等で常備されている高圧のクリーンな窒素ガスを利用して、ガスパージ機構により流体作動室へのグリースの侵入を防いでいる。18、19は前記窒素ガスの供給通路、20はハウジングに設けられた供給用継手である。

【0025】各ロータ6、7は、その外径比で決まる回転数比を一定に保ちながら、それぞれの回転軸1、2の下部に独立して設けられたACサーボモータ21、及び高周波モータ22により数万回転の高速で回転する。この実施例における回転同期制御方法について図5のブロック図を用いて説明する。

【0026】マスター側駆動モータは高周波モータ22であり、高周波モータ駆動制御部25（インバータ）の制御回路26とドライバー27により安定した速度指令周波数パルスが作成され、高周波モータ22が安定した速度にて回転をする。この制御回路26にて作られる信号パルス周波数を情報として、スレーブ側ACサーボモータ21の回転指令を作成するパルス発生器28に送る。このパルス発生器28にて高周波モータ22とACサーボモータ21が等速度で回転するためのパルス周波数を演算、作成しACサーボモータ21の制御回路29に送る。制御回路29からACサーボモータ21を駆動するためのドライバー30に信号が送られACサーボモータ21が、高周波モータ22と等速度で回転をする。それぞれのモータに取付けたエンコーダ23、24により、モータの停止時と回転時の角度位置信号を相対位置演算部31に取り込み、それぞれのモータの設定位置からのズレ量を演算し、パルス発生器28に送る。ここで、例えば高周波モータ22の方がACサーボモータ21よりも位置が進んでいる場合は、パルス発生器28で作成される指令パルス数を相対位置演算部31のデータをもとにして増やしてやりACサーボモータ21の位置を進めるようにして高周波モータ22とACサーボモータ21の回転速度と位置の同期をとる。また、高周波モータ22の方がACサーボモータ21よりも位置が遅れているならば、パルス発生器28で作成される指令パルス数を相対位置演算部31のデータをもとにして減らしてやり、ACサーボモータ21の位置を遅らせるようにして高周波モータ22と回転速度と位置の同期をとるようにしている。

【0027】ロータリーエンコーダとしては、レゾルバ等の磁気式エンコーダや通常の光学式エンコーダであ

てもよいが、実施例ではレーザ光の回折・鑑賞を応用した高分解能で高速応答生のレーザ式エンコーダを用いた。図4はレーザ式エンコーダの一例を示す。図において、91は多数のスリットを円状に配置した移動スリット板であって、第1回転軸1や第2回転軸2に連結した軸92により回転駆動される。93は移動スリット板91に対面する固定スリット板であってスリットが扇形に配置されている。レーザダイオード94からの光はコリメータレンズ95を経て両スリット板91、93の各スリットを通り、受光素子96に受光される。

【0028】この発明にかかる流体回転装置は、空調用のコンプレッサ等であってもよいのであるが、その回転部のロータ（図1では6、7に相当）は、ツール型、歯車型、単ローベ型、複ローベ型、ネジ型、外円周ピストン型のもの（いずれも図示せず）等であってもよい。

【0029】

【発明の効果】本発明の対象とする真空ポンプは、例えば既に提案している真空ポンプ（特開平4-175491号公報）のように電子制御による回転同期制御をしているので、クリーン、コンパクト、省スペースといった特徴を合わせて持つことができる。

【0030】さらに、ロータの少なくとも1つの同軸上に、運動量移送式の真空ポンプを設けたことにより、大気から高真空（ $10^{-8}$  Torr以下）まで一気に一台で引ける複合型の広帯域真空ポンプも実現できる。

【0031】以上は既提案の真空ポンプの持つ特徴であるが、本発明はこれらに加えて、次のような効果がさらに得られる。

【0032】①広帯域ポンプとして構成することにより、低真空領域で十分な排気能力を維持したままで、高真空領域でより大きな排気速度と低い真空到達圧が達成できる。

【0033】②同期制御を乱す外乱に対して、あるいは立ち上がり運転時の過渡時の同期制御に対しても、十分に安定な制御系が実現できる。

【0034】上記①が実現できる理由を本発明の実施例（図6）を用いて説明すると次のようである。

【0035】実施例では外径の異なる複数のロータの組み合わせから、たとえばスクリー型容積ポンプが構成されており、かつ径小のロータの同軸上に高真空ポンプである、たとえばねじ溝式ポンプが形成されている。

【0036】一方径大のロータは径小ロータと非接触同期回転を保つように、両ロータに設けられたエンコーダからの検出信号をもとにACサーボモータによって駆動される。

【0037】径小のロータ軸は、高精度な回転角度、角速度制御は不得手だが、高速回転が得意な高周波モータを用いている。一方径大のロータ軸は、逆に高速回転は不得手だが、微少な回転角度、角速度制御が得意なACサーボモータ（あるいはパルスモータ）を用いる。すな

7

わち本真空ポンプは高周波モータ（径小ロータ）をマスターとし、ACサーボモータ（径大ロータ）をスレーブとするマスタースレーブ方式による同期制御により、各ロータが駆動される。

【0038】すなわち2つの性格の異なるモータの組み合わせにより、それぞれのモータの長所を生かし、かつ欠点を補っているのである。

【0039】径小ロータ軸が「高速化」できることにより、本発明を広帯域用ポンプとして用いれば、その同軸上に設けられた高真空ポンプの性能（排気気圧、真空到達圧）を向上させることができる。また、逆に性能を維持したまま高真空ポンプの外径を小さくすることもできる。

【0040】本発明は、運動量移送式ポンプ部分（図1では構造部分B）を取り外してもクリーン・コンパクトな粗引きポンプとして勿論使用できる。この場合でも、上記②の効果が得られるのは勿論である。また、2つの

8

ロータの一方が径小となるためにポンプ全体の計量化、コンパクト化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる真空ポンプの第1実施例を表す断面図

【図2】第1実施例のハウジングの一部を切り開いてみた側面図

【図3】第1実施例に用いた接触防止ギヤの平面図

【図4】第1実施例に用いたレーザ型エンコーダを示す

10 斜視図

【図5】同期制御方法を示すブロック図

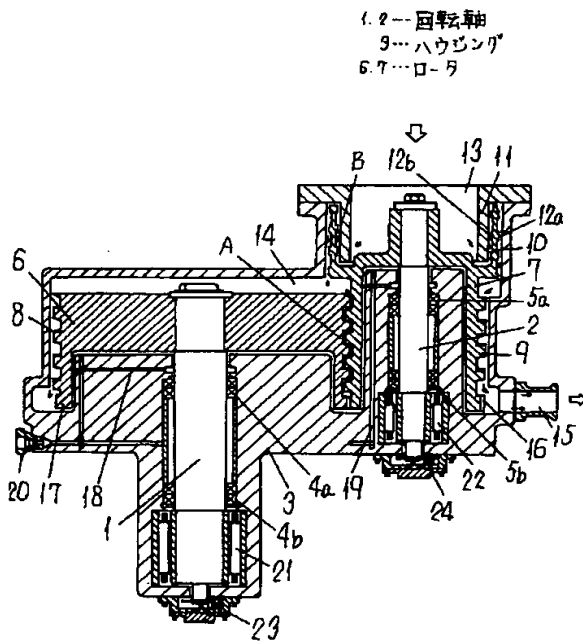
【図6】従来のスクリー式ポンプの断面図

【図7】従来のターボ式分子ポンプの断面図

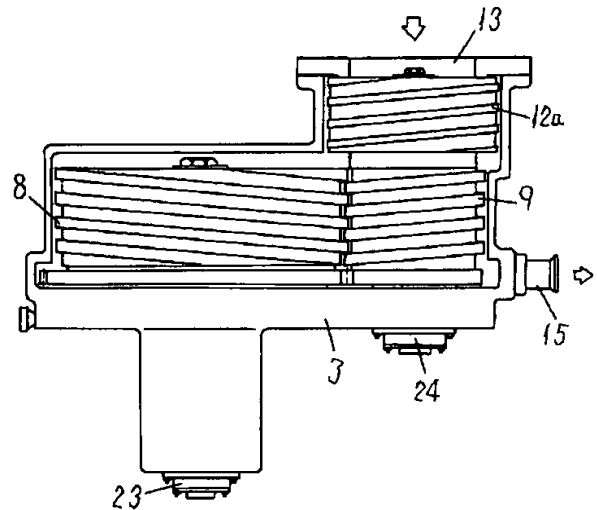
【符号の説明】

- 1, 2 回転軸
- 3 ハウジング
- 6, 7 ロータ

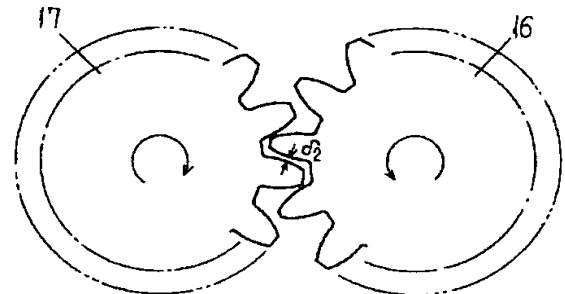
【図1】



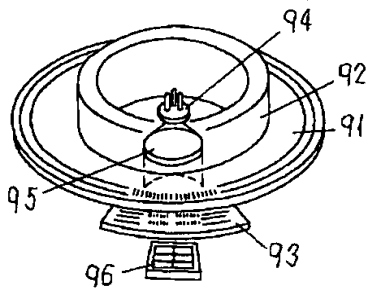
【図2】



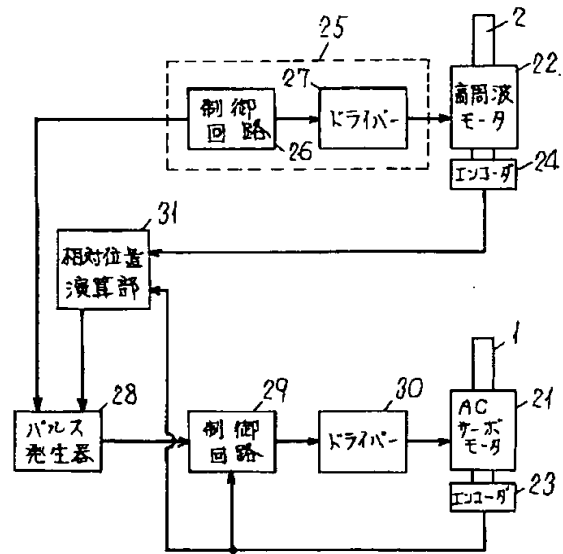
【図3】



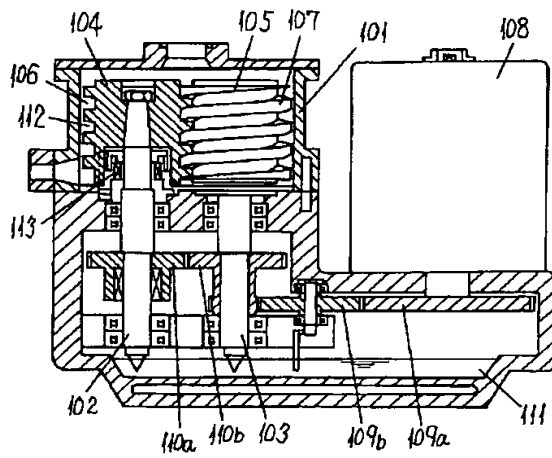
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

